



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 38 821 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 22 D 11/04

②1 Aktenzeichen: 197 38 821.3
②2 Anmeldetag: 5. 9. 97
④3 Offenlegungstag: 11. 3. 99

DE 197 38 821 A 1

⑦1 Anmelder:
AEG-Elotherm GmbH, 42855 Remscheid, DE

⑦4 Vertreter:
Cohausz & Florack, 40472 Düsseldorf

⑦2 Erfinder:
Jürgens, Robert, 42853 Remscheid, DE

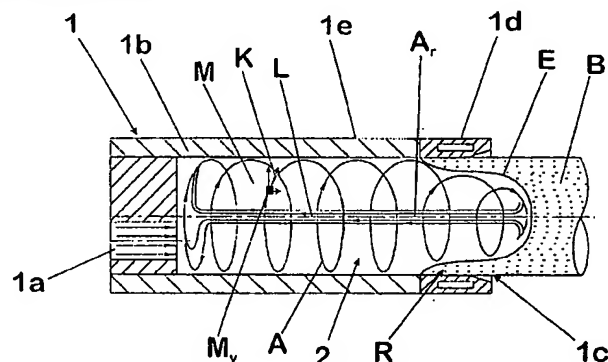
⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 30 06 618 C2
DE 30 06 588 C2
DE 1 95 42 211 A1
DE-OS 18 03 473
DE 6 90 12 090 T2
WO 97 07 911

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zum elektromagnetischen Rühren einer Metallschmelze

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum elektromagnetischen Rühren einer Metallschmelze (M), insbesondere einer Aluminium-Legierung-Schmelze, mit einem Gehäuse (1), in welches die Metallschmelze (M) im flüssigen Zustand einfüllbar ist und welches die in das Gehäuse (1) eingegossene Metallschmelze (M) im zumindest teilweise erstarrten Zustand verläßt, und mit einer ersten mit einem mehrphasigen Strom gespeisten Induktionseinrichtung, welche ein erstes entlang der Längsachse (L) des Gehäuses (1) wanderndes elektromagnetisches Feld erzeugt. Bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dieser Art ist für einen ausreichenden Materialaustausch und eine ebenso ausreichende Vergleichmäßigung des Temperaturverlaufs in einer thixotropen Metallschmelze eine zweite mit einem mehrphasigen Strom gespeiste Induktionseinrichtung vorgesehen, welche dem ersten elektromagnetischen Feld ein zweites elektromagnetisches Feld überlagert, das um die Längsachse (L) des Gehäuses (1) rotiert.



BEST AVAILABLE COPY

DE 197 38 821 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum elektromagnetischen Rühren einer Metallschmelze, insbesondere einer Aluminium-Legierung-Schmelze, mit einem Gehäuse, in welches die Metallschmelze im flüssigen Zustand einfüllbar ist und welches die in das Gehäuse eingegossene Metallschmelze im zumindest teilweise erstarrten Zustand verläßt, und mit einer ersten mit einem mehrphasigen Strom gespeisten Induktionseinrichtung, welche ein erstes entlang der Längsachse des Gehäuses wanderndes elektromagnetisches Feld erzeugt. Eine derartige Vorrichtung ist beispielsweise aus der europäischen Patentschrift EP 0 439 981 B1 bekannt, deren deutsche Übersetzung die Nummer DE 690 12 090 T2 erhalten hat.

Thixotrope Metallegierungen, bei denen es sich insbesondere um Aluminium-Legierungen handelt, haben eine Primärphase, die eine globulitische Struktur aufweist. Diese Struktur wird hergestellt, indem die noch flüssige Metallschmelze vor dem Erstarren elektromagnetisch gerührt wird. Das Rühren der Metallschmelze erfolgt dabei in einem Gehäuse, das in der Regel im Bereich seiner Eingießöffnung einen wärmeisolierten Warmabschnitt und einen in Richtung seiner Austrittsöffnung sich daran anschließenden, gekühlten Kaltabschnitt aufweist. Im Warmabschnitt ist die Metallschmelze flüssig, während sie im Kaltabschnitt beginnend mit den an die Wandung des Gehäuses angrenzenden Flächen derart erstarrt, daß das Metall als aufgrund der Erstarrung seiner Außenhaut formstabiler Körper in einem kontinuierlich durchgeführten Arbeitsgang aus dem Gehäuse abgezogen werden kann. Im Inneren des Bolzens liegt über einen bestimmten Längenabschnitt noch flüssige Metallschmelze vor, wobei die Erstarrungsfront, an der die flüssige Metallschmelze an das schon erstarrte Metall angrenzt, im Schnitt einen tulpenförmigen Verlauf aufweist.

Durch das elektromagnetische Rühren der Metallschmelze wird das flüssige Metall in Bewegung versetzt. Diese Bewegung der Schmelze führt dazu, daß an der Erstarrungsfront im Erstarren begriffene Partikel, sog. "Dendriten", von dem erstarrten Metall abgeschert werden. Die abgescherten Partikel werden durch die Bewegung der Schmelze in den flüssigen Bereich der Schmelze zurücktransportiert, wo sie teilweise erneut aufschmelzen. Durch diesen Materialabtrag wird verhindert, daß sich an der Erstarrungsfront Dendriten von übermäßig großem Durchmesser bilden. Darüber hinaus soll durch Materialaustausch von heißer und kalter Schmelze eine möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung im Bereich der Erstarrungsfront erreicht werden, um ein erstarrtes Metall zu erhalten, welches eine möglichst homogene, gleichförmige Struktur besitzt.

Bei der bekannten, in der EP 0 439 981 B1 beschriebenen Vorrichtung erzeugt die Induktionseinrichtung ein elektromagnetisches Feld, welches parallel zur Längsachse der Form wandert. Aufgrund der durch das elektromagnetische Feld auf die Metallschmelze einwirkenden Kräfte wird die Schmelze in einer transversalen Bewegung entlang der Längsachse des Gehäuses bewegt. In Abhängigkeit von der Fortpflanzungsrichtung des elektromagnetischen Feldes stellt sich dabei beispielsweise eine Strömung ein, die im Bereich der Gehäusewände in Richtung der Erstarrungsfront strömt. Diese Strömung wird an der Erstarrungsfront zur Längsachse des Gehäuses umgelenkt, wobei der gewünschte Effekt des Abscherens der Dendriten eintritt. Die so umgelenkte Strömung strömt im zentralen Kernbereich der Schmelze entlang der Längsachse des Gehäuses in Richtung der Gehäuse-Eingießöffnung zurück, und zwar entgegengesetzt zu der Strömung im Bereich der Gehäusewände. Auf diese Weise entsteht ein Kreislauf, der dazu führt, daß

immer wieder an der Erstarrungsfront abgeschertes Material zurück in den wärmeren Bereich des Gehäuses transportiert und dort aufgeschmolzen wird.

In der Praxis hat sich gezeigt, daß mit der voranstehend beschriebenen Rührmethode zwar eine Vergleichmäßigung des Temperaturverlaufs im Bereich der Erstarrungsfront erreicht wird, daß aber die Strömungsgeschwindigkeit der Schmelze nicht ausreicht, um Dendriten mit sehr kleinem Durchmesser abzuscheren. Dies ist selbst dann der Fall, wenn, wie in der europäischen Patentschrift EP 0 351 327 B1 vorgeschlagen, die Zeit, innerhalb der ein Übergang von der heißen Zone zur kalten Zone des Gehäuses stattfindet, auf ≤ 1 Sekunde beschränkt wird.

Alternativ zu den voranstehend erläuterten, eine transversale Bewegung der Schmelze bewirkenden Rührvorrichtungen werden Vorrichtungen zum Rühren eingesetzt, die eine Rotationsbewegung der Schmelze durch ein elektromagnetisches Drehfeld erzeugen. Derartige Vorrichtungen sind beispielsweise in der deutschen Patentschrift DE 30 06 618 C2 und der deutschen Patentschrift DE 30 06 588 C2 beschrieben. Beim Einsatz eines derartigen Rührers rotiert die Schmelze insbesondere in den an die Wandflächen des Gehäuses angrenzenden Bereich mit einer hohen Geschwindigkeit um die Längsachse des Gehäuses, wodurch eine relativ hohe Abscherrate an der Erstarrungsfront erzielt werden kann. Es ist jedoch festgestellt worden, daß sich bei einem derartigen Rührvorgang keine ausreichende Vergleichmäßigung der Kornverteilung über den Querschnitt einstellt, um die geforderten hohen Qualitäten des erstarrten Metallwerkstoffs sicher zu erreichen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zu schaffen, mit der sich bei einem ausreichenden Materialaustausch eine ebenso ausreichende Vergleichmäßigung des Temperaturverlaufs in einer thixotropen Metallschmelze bewerkstelligen läßt.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, welche durch eine zweite mit einem mehrphasigen Strom gespeiste Induktionseinrichtung gekennzeichnet ist, die dem ersten elektromagnetischen Feld ein zweites elektromagnetisches Feld überlagert, das um die Längsachse des Gehäuses rotiert.

Erfindungsgemäß wirken zwei einander überlagerte elektromagnetische Felder gleichzeitig auf die in das Gehäuse der Vorrichtung eingefüllte Schmelze ein, und zwar eines, welches sich im wesentlichen achsparallel zur Längsachse des Gehäuses fortpflanzt und eines, welches um die Längsachse rotiert. Aufgrund dieser Überlagerung der elektromagnetischen Felder wirkt auf die Schmelze eine elektromagnetische Kraft ein, durch welche die Schmelze in eine Bewegung versetzt wird, die einer wendelförmigen, "helikoidalen" Bewegungsbahn folgt. Die Achse, um die herum diese Bewegungsbahn sich windet, fällt im wesentlichen mit der Längsachse des Gehäuses zusammen. Dabei ist die Geschwindigkeit der Schmelze an ihren äußeren, den Wänden des Gehäuses zugeordneten Rändern am größten. Auf diese Weise hat die bewegte Schmelze eine so hohe Umfangsgeschwindigkeit, daß im Bereich der Erstarrungsfront in großen Mengen sich dort bildende Dendriten abgeschert werden.

Da die der Schmelze aufgezwungene Bewegung jedoch nicht nur auf eine Rotationsbewegung beschränkt ist, sondern gleichzeitig auch eine transversale Bewegungskomponente vorhanden ist, strömt die noch flüssige, bewegte Schmelze in axialer Richtung gegen die Erstarrungsfront. Dort wird sie, wie bei der eingangs beschriebenen Vorrichtung, umgelenkt und strömt, einen Kreislauf ausbildend, im Zentrum der Schmelze längs der Achse des Gehäuses zurück. Dieses Umlenken und Rückströmen der Schmelze

führt zu einer Vergleichmäßigung des Temperaturverlaufs im Bereich der Erstarrungsfront. Auf diese Weise wird mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung nicht nur ein hoher Materialaustausch, sondern auch die für das Entstehen eines hochwertigen Gefüges gewünschte Temperaturverteilung im Bereich der Erstarrungsfront erreicht.

Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung ist durch mindestens eine Steuereinrichtung gekennzeichnet, welche mit mindestens einer der Induktionseinrichtungen verbunden ist und mittels derer die Arbeitsfrequenz und/oder die Stärke des Stroms der betreffenden Induktionseinrichtung variiert ist. Eine solche Steuereinrichtung ermöglicht es, durch eine ergänzend oder alternativ durchgeführte Variation der Arbeitsfrequenz und des Stroms die Strömungsgeschwindigkeit im Randbereich des Rührergehäuses und an der Erstarrungsfront direkt zu beeinflussen. So führt beispielsweise ein Absenken der Arbeitsfrequenz im Zentrumsbereich der Schmelze zu einer Verengung des Kanals, über den die Schmelze von der Erstarrungsfront zurückströmt. Auf diese Weise wird der Rückstrom abgebremst und damit einhergehend sowohl die Geschwindigkeit des Materialaustauschs zwischen der kalten und warmen Zone des Gehäuses als auch die Geschwindigkeit vermindert, mit der ein Temperaturtausch im Bereich der Erstarrungsfront stattfindet. Durch eine mit der Veränderung des Stromes einhergehenden Veränderung der Feldamplitude ist der Schlupf, d. h. der Nachlauf, zwischen der Umfangsgeschwindigkeit des elektromagnetischen Feldes und der Schmelze einstellbar. Auf diese Weise lassen sich die auf die Dendriten im Bereich der Erstarrungsfront einwirkenden Scherkräfte einstellen.

Grundsätzlich ist es möglich, jeder Induktionseinrichtung jeweils eine Steuereinrichtung zuzuordnen. Dies ermöglicht die unabhängige Steuerung von Strom und Frequenz jeder Induktionseinrichtung, so daß die Charakteristik des von der jeweiligen Induktionseinrichtung erzeugten Feldes direkt verändert werden kann.

Alternativ und bevorzugter Weise können die Induktionseinrichtungen jedoch auch gemeinsam mit einer einzigen Steuereinrichtung verbunden sein. Bei einer derartigen Verkopplung der Induktionseinrichtungen ist auf einfache und kostengünstige Weise sichergestellt, daß die Einstellungen von beispielsweise Frequenz und Strom beider Induktionseinrichtungen stets in der im Hinblick auf die gewünschte Bewegung der Schmelze günstigsten Weise aufeinander abgestimmt sind. Über die gemeinsame Steuereinrichtung kann ebenfalls durch eine geeignete Wahl von Arbeitsfrequenz und Stromstärke der in Umfangs- und der in Achsrichtung wirkende Teil der auf die Metallschmelze einwirkenden Kraft beeinflußt werden.

Eine praxisgerechte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Induktionseinrichtungen eine Mehrzahl von Spulen aufweisen, welche in Gruppen den Phasen einer Drehstromversorgung zugeordnet sind, daß die Spulen einer Gruppe in Reihe geschaltet sind, und daß sowohl die Phasenfolge als auch der Wickelsinn der aufeinanderfolgenden Spulen einer Gruppe alterniert.

Im Hinblick auf eine einfache Herstellbarkeit ist es günstig, wenn die erste Induktionseinrichtung eine Mehrzahl von im wesentlichen achsparallel zu der Längsachse des Gehäuses gewickelte und in gleichen Winkelabständen um die Längsachse verteilt angeordnete Spulen umfaßt und wenn die zweite Induktionseinrichtung eine gleiche Anzahl von Spulen umfaßt, die in normal zur Längsachse des Gehäuses und in gleichen axialen Abständen voneinander beabstandeten Ebenen um das Gehäuse gewickelt sind.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen in schematischer Ansicht:

Fig. 1 eine Vorrichtung zum Rühren einer aus einer Aluminium-Legierung bestehenden Metallschmelze im Querschnitt;

Fig. 2 das innere Gehäuse der Vorrichtung ausschnittsweise in einem Längsschnitt;

Fig. 3 die Verschaltung der in der Vorrichtung eingesetzten Spulen;

Fig. 4 die Vorrichtung mit den sich in ihr einstellenden Strömungen im Querschnitt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Rühren einer Metallschmelze M ist mit einem inneren, zylinderförmigen Gehäuse 1 ausgestattet, welches aus unmagnetischem Stahl hergestellt ist. Das Gehäuse 1 umfaßt einen Innenraum 2, in welchen die Metallschmelze M über eine einem nicht gezeigten Tundish zugeordnete Einfüllöffnung 1a eingefüllt wird. Der Innenraum 2 ist in einen sich an die Einfüllöffnung 1a anschließenden Warmabschnitt 1b und einen der Austrittsöffnung 1c zugeordneten Kaltabschnitt 1d unterteilt. Im Bereich des Warmabschnitts 1b weist das Gehäuse 1 eine geringe Wärmeleitfähigkeit auf, während im Kaltabschnitt 1d eine Kühlung vorgesehen ist. Auf diese Weise bleibt die Metallschmelze M nach ihrem Einfüllen in den Innenraum 2 zunächst fließfähig und wird vor ihrem Austritt aus der Austrittsöffnung 1c so weit abgekühlt, daß ein Metallbolzen B mit thixotropen Eigenschaften als fester Körper in einem kontinuierlichen Vorgang aus der Vorrichtung abgezogen werden kann. Dabei geht das Erstarren der Metallschmelze M von den der Gehäusewand 1e zugeordneten Randbereichen R der Schmelze M aus, während die Metallschmelze M im Bereich ihres der Längsachse L des Gehäuses 1 zugeordneten Zentrums zunächst fließfähig bleibt. Es bildet sich so im Bereich des Kaltabschnitts 1d eine Erstarrungsfront E, die einen im Querschnitt tulpenförmigen Verlauf aufweist.

Auf der Außenseite der Gehäusewand 1e sind in gleichen Abständen zueinander beabstandet sechs Ringnuten 3, 4, 5, 6, 7, 8 eingeformt. In jeder der Ringnuten 3-8 liegt jeweils eine Zylinderspule 9, 10, 11, 12, 14 ein, welche gegenüber der Gehäusewand 1e durch geeignete Mittel isoliert sind.

Auf das Gehäuse 1 aufgesetzt ist ein Blechpaket 15, welches aus einer Vielzahl von miteinander verklebten, im einzelnen nicht dargestellten Elektroblechen gebildet ist. Jedes der Elektrobleche weist hierzu eine zentrale, den Abmessungen und der Querschnittsform des Gehäuses 1 mit den Zylinderspulen 9-14 angepaßte Öffnung auf, welche bei auf das Gehäuse 1 aufgesetztem Blechpaket 15 das Gehäuse 1 aufnimmt. Zusätzlich ist jedes Elektroblech mit sechs in gleichen Winkelabständen angeordneten Zähnen ausgestattet, welche ausgehend von einem Umfangsabschnitt in Richtung der Öffnung der Elektrobleche weisen. Die Zähne der einzelnen Elektrobleche bilden gemeinsam die bei auf das Gehäuse 1 aufgesetztem Blechpaket 15 in Richtung des Gehäuses 1 weisenden Zähne 16 des Blechpakets 15, auf denen jeweils eine sich achsparallel zur Längsachse L des Gehäuses 1 sich erstreckende Blockspulen 17, 18, 19, 20, 21, 22 gewickelt sind.

Eine äußeres, aus unmagnetischem Stahl gefertigtes Gehäuse 23 schützt die Spulenanordnungen, das Gehäuse 1 und die sonstigen, hier nicht gezeigten und erläuterten Einrichtungen der Vorrichtung gegen äußere Einflüsse.

Von den insgesamt zwölf Spulen (sechs Zylinderspulen 9-14, sechs Blockspulen 17-22) der Vorrichtung sind jeweils vier zu einer Gruppe S₁, S₂ bzw. S₃ zusammengefaßt. So sind der Gruppe S₁ die Zylinderspulen 9 und 12 und die Blockspulen 17 und 20, der Gruppe S₂ die Zylinderspulen 10 und 13 und die Blockspulen 18 und 21 und der Gruppe S₃ die Zylinderspulen 11 und 14 und die Blockspulen 19 und

22 zugeordnet. Jede Gruppe S_1, S_2, S_3 ist mit jeweils einer Phase L_1, L_2, L_3 einer weiter nicht dargestellten Drehstromversorgung verknüpft.

Die den Gruppen S_1, S_2, S_3 zugeordneten Spulen 9, 12, 17, 20; 10, 13, 18, 21 bzw. 11, 14, 19, 22 sind jeweils in Reihe geschaltet. Um ein gleichförmiges Drehfeld erzeugen zu können, alternieren sowohl die Phasenfolge als auch der Wicksinn aufeinander folgender Spulen 9, 12, 17, 20; 10, 13, 18, 21 bzw. 11, 14, 19, 22 einer Gruppe S_1, S_2, S_3 . Es ergibt sich somit folgende Spulenfolge:

Phase L_1 : (Z9)+; (Z4)-; (B17)+; (B20)+; Sternpunkt

Phase L_2 : (Z10)-; (Z13)+; (B18)-; (B21)+; Sternpunkt

Phase L_3 : (Z11)+; (Z14)-; (B19)+; (B22)-; Sternpunkt

wobei mit Z9-Z14 die Zylinderspulen 9-14, mit B17-B22 die Blockspulen 17 bis 22, mit + der äußere und mit - der innere Anschluß des jeweiligen Wicks der Spulen 9-14, 17-22 bezeichnet sind. Eine Feldrichtungskehr erfolgt durch Vertauschen der Phasen L_1 und L_3 .

Der elektrische Strom jeder Phase L_1, L_2, L_3 durchfließt entsprechend der voranstehend erläuterten Spulenfolge die Spulen 9, 12, 17, 20; 10, 13, 18, 21 bzw. 11, 14, 19, 22 der jeweiligen Gruppe S_1, S_2, S_3 , die der jeweiligen Phase L_1, L_2, L_3 zugeordnet ist. Durch die Überlagerung der elektromagnetischen Felder aller Spulen 9-14; 17-22 entsteht dabei ein Wanderfeld, dessen örtliches Amplitudenmaximum in dem an die Gehäusewand 2 angrenzenden Randbereich R der Schmelze wendelförmig ("helikoidal") verläuft. Die Geschwindigkeit v , mit der sich das Wanderfeld fortpflanzt, ergibt sich aus der Gleichung

$$v = \sqrt{\pi^2 \cdot d^2 + 4\tau_{zyl}^2} \cdot f$$

mit d = Durchmesser des Innenraums 1a;

τ_{zyl} = Polteilung der Zylinderspulen;

f = Arbeitsfrequenz.

Die von dem Wanderfeld W in der Metallschmelze M erzeugte Kraft K bewirkt eine Makroströmung A der Metallschmelze M , die sich im Randbereich R wendelförmig um die Längsachse L des Gehäuses 1 windet. Die in Umfangsrichtung des Gehäuses 1 gerichtete Geschwindigkeitskomponente der Makroströmung A ist größer als die achsparallel zur Längsachse L ausgerichtete Komponente. Eine Volumeneinheit M_v der Metallschmelze M läuft daher der Makroströmung A folgend mehrfach um die Längsachse L , bis sie die Erstarrungsfront E erreicht.

An der Erstarrungsfront E wird die Makroströmung A umgelenkt, so daß sie entlang der Erstarrungsfront E strömt. Dabei werden aufgrund der hohen Umfangsgeschwindigkeit sich an der Erstarrungsfront E bildende Dendrite abgeschert. Im Bereich des mit der Längsachse L des Gehäuses 1 zusammenfallenden Zentrums der Metallschmelze M kommt es dann zu einer Rückströmung A_r , welche entlang der Längsachse L in Richtung der Einfüllöffnung 1a strömt. Im Bereich der Einfüllöffnung 1a geht die Rückströmung A_r wieder in die wendelförmige Makroströmung A über, so daß ein geschlossener Kreislauf gebildet ist.

Durch die Wahl einer bestimmten Arbeitsfrequenz kann die Eindringtiefe des elektromagnetischen Feldes in die Metallschmelze M eingestellt werden. Bei einer niedrigen Frequenz ist diese Eindringtiefe größer als bei einer hohen. Wird beispielsweise eine niedrige Arbeitsfrequenz eingestellt, so wird aufgrund der größeren Eindringtiefe der mit der Makroströmung A bewegte Anteil der Metallschmelze M größer. Dementsprechend ist der für die Rückströmung A_r zur Verfügung stehende Querschnitt im Zentrum der Me-

tallschmelze M verringert, so daß der Fließgeschwindigkeit der Rückströmung A_r abnimmt. Dies wiederum hat zur Folge, daß auch die in Achsrichtung gerichtete Geschwindigkeitskomponente der Makroströmung A und damit die Steigung der wendelförmigen Bewegungsbahn der Makroströmung A abnimmt.

Die in Umfangsrichtung gerichtete Geschwindigkeitskomponente der Makroströmung A kann durch eine Veränderung der Amplitude des Stroms beeinflußt werden, da durch eine Veränderung der Stromamplitude der Schlupf zwischen der Feldwelle und der Makroströmung A direkt beeinflußt wird. Ein Anheben des Stromes verringert beispielsweise den Schlupf, so daß durch eine Erhöhung des Stromes eine Erhöhung der Umfangsgeschwindigkeit der Makroströmung A erreicht wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum elektromagnetischen Rühren einer Metallschmelze (M), insbesondere einer Aluminium-Legierung-Schmelze, mit einem Gehäuse (1), in welches die Metallschmelze (M) im flüssigen Zustand einfüllbar ist und welches die in das Gehäuse (1) einge-gossene Metallschmelze (M) im zumindest teilweise erstarrten Zustand verläßt, und mit einer ersten mit einem mehrphasigen Strom gespeisten Induktionseinrichtung, welche ein erstes entlang der Längsachse (L) des Gehäuses (1) wanderndes elektromagnetisches Feld erzeugt, **gekennzeichnet durch** eine zweite mit einem mehrphasigen Strom gespeiste Induktionseinrichtung, welche dem ersten elektromagnetischen Feld ein zweites elektromagnetisches Feld überlagert, das um die Längsachse (L) des Gehäuses (1) rotiert.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch mindestens eine Steuereinrichtung, welche mit mindestens einer der Induktionseinrichtungen verbunden ist und mittels derer die Arbeitsfrequenz und/oder die Stärke des Stroms der betreffenden Induktionseinrichtung variierbar ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Induktionseinrichtung jeweils eine Steuereinrichtung zugeordnet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktionseinrichtungen gemeinsam mit einer einzigen Steuereinrichtung verbunden sind.
5. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
 - daß die Induktionseinrichtungen eine Mehrzahl von Spulen (9, 10, 11, 12, 13, 14; 17, 18, 19, 20, 21, 22) aufweisen, welche in Gruppen (S_1, S_2, S_3) den Phasen (L_1, L_2, L_3) einer Drehstromversorgung zugeordnet sind,
 - daß die Spulen (9-14; 17-22) jeweils einer Gruppe (S_1, S_2, S_3) in Reihe geschaltet sind, und
 - daß sowohl die Phasenfolge als auch der Wicksinn der aufeinanderfolgenden Spulen (9-14; 17-22) einer Gruppe (S_1, S_2, S_3) alterniert.
6. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
 - daß die erste Induktionseinrichtung eine Mehrzahl von im wesentlichen achsparallel zu der Längsachse des Gehäuses (1) gewickelte und in gleichen Winkelabständen um die Längsachse verteilt angeordnete Spulen (9-14) umfaßt und
 - daß die zweite Induktionseinrichtung eine Mehrzahl von Spulen (17-22) umfaßt, die in nor-

mal zur Längsachse (L) des Gehäuses (1) und in gleichen axialen Abständen voneinander beabstandeten Ebenen um das Gehäuse (1) gewickelt sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

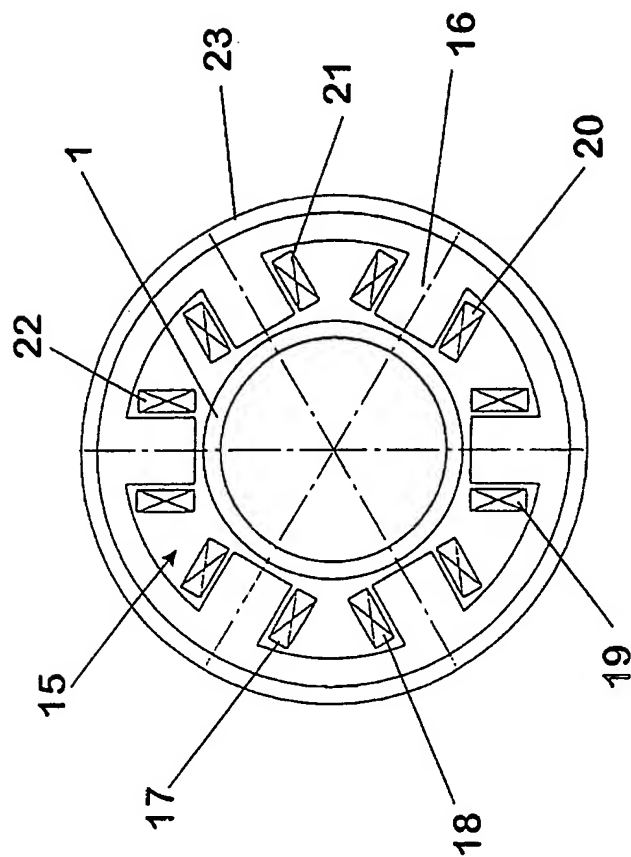


Fig. 1

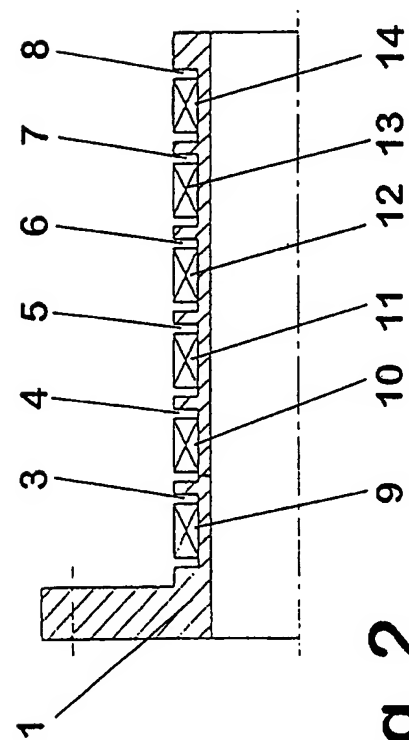


Fig. 2

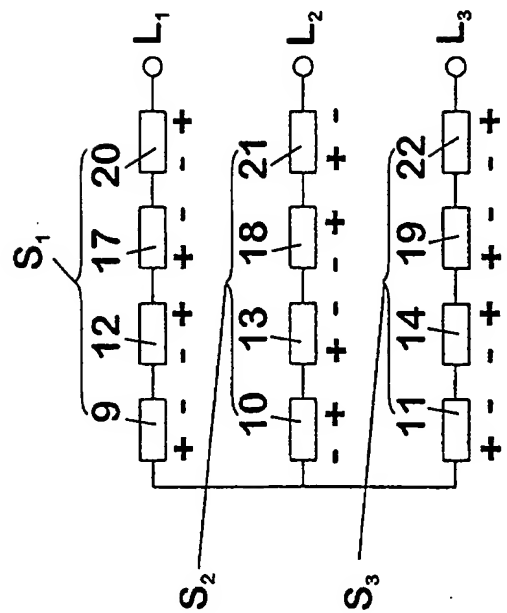


Fig. 3

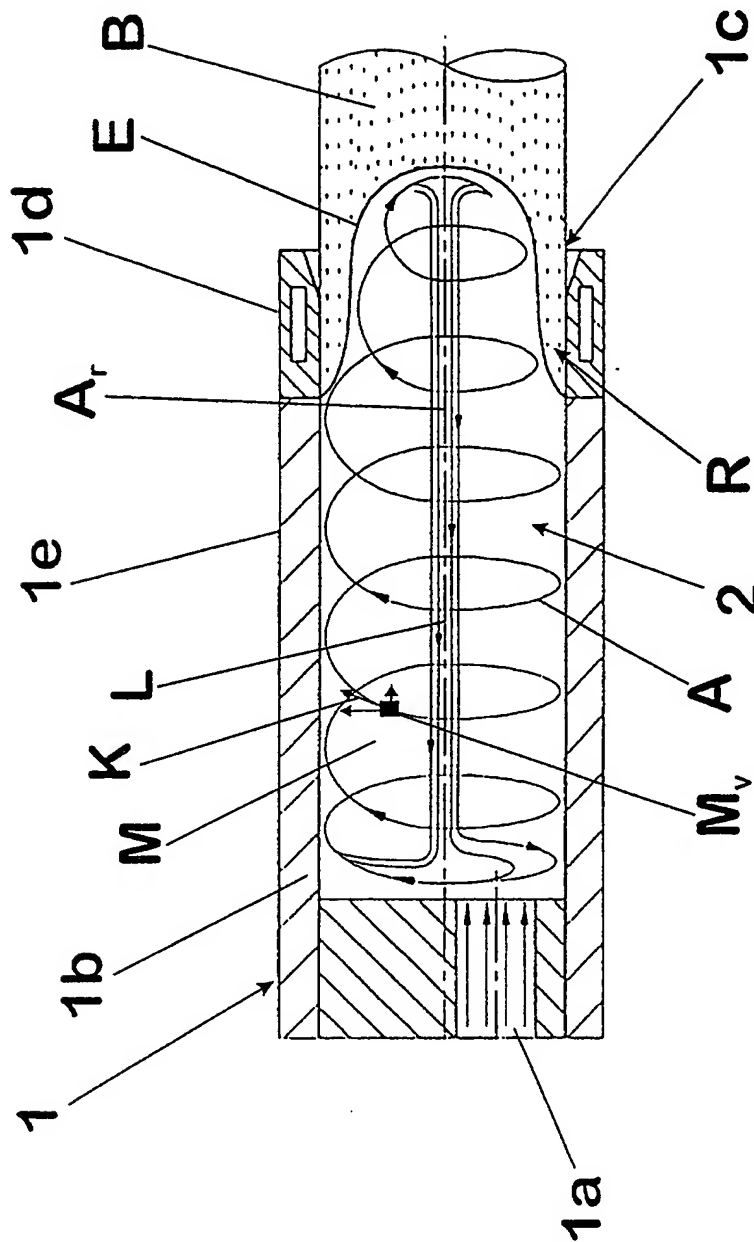


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.